DECLARACIÓN DE DOMINIO PÚBLICO Y RENUNCIA DE DERECHOS

(CC0 1.0 Universal — Public Domain Dedication)

Yo, **Carlos Omeñaca Prado**, declaro que esta obra,
incluido su contenido técnico, dibujos, datos y anexos,
se entrega al **DOMINIO PÚBLICO GLOBAL**. Renuncio íntegramente
a cualquier derecho de autor o patente, y autorizo su uso,
reproducción y modificación sin restricción alguna.

Fecha: 20 de octubre de 2025
Firma: Carlos Omeñaca Prado

PUBLIC DOMAIN AND RIGHTS WAIVER DECLARATION

(CC0 1.0 Universal — Public Domain Dedication)

I, **Carlos Omeñaca Prado**, hereby declare that this work,
including all its technical content, drawings, data and appendices,
is hereby released into the **GLOBAL PUBLIC DOMAIN**.
I completely and irrevocably waive any copyright or patent rights,
and authorize its use, reproduction and modification
without any restriction or limitation.

Date: October 20, 2025
Signature: Carlos Omeñaca Prado

ETHERIC VACUUM PRESSURE SENSOR (SEP-V1)

Memoria técnica completa

Autor: **Carlos Omeñaca Prado**

Año: 2025

Etheric Vacuum Pressure Sensor (SEP-V1): an interferometric system for detecting and converting energy through pressure gradients of the Ψ field

Carlos Omeñaca Prado

October 2025

Sensor Etérico de Presión del Vacío (SEP-V1): sistema interferométrico para la detección y conversión de energía derivado de gradientes de presión del campo Ψ

Contents

1 Resumen técnico del SEP-V1 **5**
- 1.1 Título de la invención . . . 5
- 1.2 Campo técnico de la invención . . . 5
- 1.3 Antecedentes de la técnica . . . 5
- 1.4 Objeto de la invención . . . 5
- 1.5 Descripción general del sistema . . . 5
- 1.6 Ventajas técnicas . . . 6

2 Fundamento físico según la Cosmología del Quarkbase **6**
- 2.1 Modelo físico de referencia . . . 6

3 Descripción estructural del dispositivo (SEP-V1) **9**
- 3.1 Arquitectura general . . . 9
- 3.2 Disposición óptica . . . 10
- 3.3 Materiales sugeridos . . . 10
- 3.4 Geometría y montaje . . . 11
- 3.5 Variaciones posibles (implementaciones alternativas) . . . 11

4 Principio de funcionamiento del SEP-V1 **11**

4.1 Concepto operativo . . . 11
4.2 Ecuaciones fundamentales . . . 12
4.3 Modo de operación experimental . . . 12
4.4 Interpretación energética y científica . . . 13
4.5 Aplicaciones derivadas inmediatas . . . 13

5 Ejemplos de realización del SEP-V1 13
5.1 Realización básica de laboratorio (Prototipo SEP-V1) . . . 13
5.2 Variante SEP-V1 con cavidades superconductoras (Mejora SEP-V2) . . . 14
5.3 Variante multi-brazo (Implementación avanzada) . . . 15
5.4 Aplicación experimental de conversión de energía (Prototipo SEP-V2) . . . 15
5.5 Variantes y mejoras futuras . . . 15
5.6 Conclusión de ejemplos de realización . . . 16

6 Dibujos y diagramas del SEP-V1 16
6.1 Figura 1 — Diagrama esquemático general del SEP-V1 . . . 16
6.2 Figura 2 — Detalle de blindaje diferencial . . . 17
6.3 Figura 3 — Flujo de señal y conversión . . . 17
6.4 Figura 4 — Variante multi-brazo (opcional SEP-V1 avanzado) . . . 17
6.5 Figura 5 — Ejemplo de cavidad resonante asimétrica (SEP-V2/SEP-V3) . . . 18

7 Sistema de blindaje y acoplamiento etérico 18
7.1 Principio de diseño . . . 18
7.2 Configuración estructural . . . 19
7.3 Geometría del blindaje . . . 19
7.4 Aislamiento y control . . . 19
7.5 Calibración del acoplamiento etérico (α) . . . 20
7.6 Materiales complementarios y variantes . . . 20
7.7 Observaciones finales . . . 20

8 Sistema electrónico, adquisición y control del SEP-V1 21
8.1 Objetivo funcional . . . 21
8.2 Arquitectura general . . . 21
8.3 Esquema funcional . . . 21
8.4 Subsistema E-1: Detección óptica . . . 21
8.5 Subsistema E-2: Adquisición y procesamiento (DAQ/FPGA) . . . 22
8.6 Subsistema E-3: Control ambiental activo . . . 23
8.7 Calibración electrónica . . . 23
8.8 Ruido y sensibilidad esperados . . . 23

8.9 Software y procesamiento de datos . . . 24
8.10 Características funcionales . . . 24

9 Presupuesto de ruido y métodos de mitigación 24
9.1 Introducción . . . 24
9.2 Ruido óptico (Shot noise) . . . 25
9.3 Ruido térmico (Johnson–Nyquist) . . . 25
9.4 Ruido vibracional . . . 26
9.5 Deriva térmica y estructural (Low-frequency drift) . . . 26
9.6 Ruido electrónico (ADC / FPGA) . . . 27
9.7 7. Resumen del presupuesto total . . . 27
9.8 Procedimientos de mitigación activa . . . 27
9.9 Espectro de ruido residual . . . 28
9.10 Conclusión técnica . . . 28

10 Protocolo experimental y validación de señales interferométricas (SEP-V1) 29
10.1 Objetivo . . . 29
10.2 Condiciones iniciales de ensayo . . . 29
10.3 Secuencia operativa . . . 29
10.4 Adquisición y tratamiento de datos . . . 30
10.5 Criterios de validación . . . 30
10.6 Validación cruzada . . . 30
10.7 Documentación y registro . . . 31
10.8 Interpretación . . . 31

11 Resultados simulados y comparación con sensibilidad experimental (SEP-V1) 31
11.1 Objetivo . . . 31
11.2 Parámetros de simulación . . . 31
11.3 Resultados numéricos básicos . . . 32
11.4 Espectro de potencia simulado . . . 32
11.5 Comparación con la sensibilidad experimental . . . 32
11.6 Curvas teóricas (comparación visual) . . . 33
11.7 Discusión e interpretación . . . 33
11.8 Conclusión . . . 33

12 Discusión general y perspectivas 33
12.1 Síntesis de resultados . . . 33
12.2 Implicaciones teóricas . . . 34

12.3 Implicaciones tecnológicas 34
12.4 Limitaciones actuales 35
12.5 Perspectivas de desarrollo 35
12.6 Conclusión general 35

13 Referencias y documentación complementaria **36**
13.1 Fuentes primarias del proyecto 36
13.2 Documentos técnicos derivados 36
13.3 Bibliografía técnica complementaria 36
13.4 Repositorio y archivos asociados 37
13.5 Cierre 37

1 Resumen técnico del SEP-V1

1.1 Título de la invención

Sistema interferométrico de detección y conversión de energía basado en gradientes de presión del campo Ψ (plasma-etérico).

1.2 Campo técnico de la invención

La presente invención se encuadra en el ámbito de los sistemas de conversión y detección de energía de origen no convencional, particularmente aquellos que operan mediante la medición, modulación o aprovechamiento de gradientes de presión en el vacío físico entendido como un medio continuo de presión (campo Ψ), conforme a la Cosmología del Quarkbase.
Clasificación internacional sugerida: F03G 7/00; G01J 9/02; G01K 7/34.

1.3 Antecedentes de la técnica

Los sistemas conocidos de conversión energética o detección de fluctuaciones del vacío se limitan a efectos secundarios del campo electromagnético (efecto Casimir, Lamb o ZPE-noise). Sin embargo, ninguno proporciona una arquitectura capaz de *interferometrar* directamente el gradiente de presión del medio subyacente al vacío físico, ni de traducirlo en una señal óptica coherente proporcional a $\delta\Psi(x,t)$.

1.4 Objeto de la invención

El SEP-V1 propone un dispositivo experimental capaz de detectar, amplificar o eventualmente convertir las variaciones de presión del campo Ψ en variaciones medibles de fase o intensidad óptica.
Dicho sistema permite validar experimentalmente la existencia de anisotropías dinámicas en la densidad del vacío, y explorar su potencial conversión energética.

1.5 Descripción general del sistema

El SEP-V1 comprende esencialmente:

1. Un módulo interferométrico óptico (doble brazo o cavidad de Michelson-Morley modificada).
2. Un conjunto de cavidades de confinamiento con geometría toroidal o cilíndrica, dispuestas para amplificar el gradiente local de presión etérica.
3. Un sistema de acoplamiento óptico-eléctrico para conversión o registro de la señal $\Delta\phi = f(\nabla\Psi)$.

4. Un subsistema de aislamiento térmico y vibracional para su funcionamiento en condiciones de laboratorio.

El principio operativo se basa en la modulación interferométrica inducida por la variación temporal del potencial de presión del campo Ψ, detectada como una oscilación de fase o frecuencia en el haz de referencia. Estas oscilaciones pueden correlacionarse con la densidad de energía local del vacío.

1.6 Ventajas técnicas

- Introduce un nuevo parámetro físico medible: $\nabla\Psi$, el gradiente de presión etérica.
- Permite cuantificar fluctuaciones del vacío sin necesidad de altas energías ni entornos criogénicos.
- Integra en un mismo sistema la función de *sensor* y *conversor energético pasivo*.
- Constituye el pimer dispositivo necesario para desarrollar las aplicaciones tecnológicas derivadas de la Teoría del Quarkbase.

2 Fundamento físico según la Cosmología del Quarkbase

2.1 Modelo físico de referencia

La presente invención se apoya en el modelo teórico denominado **Cosmología del Quarkbase**, según el cual el denominado "vacío físico" no constituye un espacio vacío en sentido estricto, sino un **medio continuo de presión plasmático**, caracterizado por un **campo escalar real** $\Psi(x,t)$ que describe la **densidad local de presión del plasma-etérico**.

A diferencia de un gas o un fluido ideal, este medio presenta **elasticidad anisótropa** y **capacidad de autoorganización**, permitiendo la formación de **líneas y filamentos de presión coherentes** que no se disipan ni se reparten homogéneamente. Tales líneas actúan como los **canales de transmisión del campo** Ψ, capaces de curvarse, entrelazarse y almacenar energía de deformación. En este marco, cada **quarkbase** se interpreta como una **región compacta de desplazamiento del plasma-etérico**, cuyo entorno genera un sistema de líneas de presión que se entrelazan, torsionan y vibran con una frecuencia característica. El **volumen global del plasma-etérico se conserva**, de modo que las deformaciones locales producidas por los quarkbases se compensan mediante gradientes de presión que inducen atracción o repulsión entre ellos según su fase, velocidad o resonancia.

Las configuraciones estables de estos acoplamientos dan lugar a los **quarks** elementales; las resonancias colectivas entre varios quarkbases originan **protones, neutrones y demás partículas**, mientras que las variaciones geométricas de las líneas de presión a mayor escala generan las **fuerzas electromagnéticas y nucleares** como **efectos emergentes del mismo campo** Ψ.

Formalmente, el campo Ψ cumple una ecuación de tipo onda con términos de acoplamiento no lineales:

$$\nabla^2\Psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = \frac{1}{\lambda^2} f(\Psi)$$

donde:

- $(\Psi(x,t))$ representa la presión escalar del medio (en Pa o MeV $\cdot$ fm^{-3}),
- (c) es la velocidad de propagación del frente de presión,
- (λ) es la longitud de acoplamiento característica del campo,
- y $(f(\Psi))$ describe los acoplamientos no lineales de auto-modulación (efecto plasmático o "auto-compresión del éter").

Las perturbaciones locales del campo —denotadas $(\delta\Psi(x,t))$— generan **gradientes de presión** $(\nabla\Psi)$ que, en la escala macroscópica, pueden inducir diferencias de potencial energético medibles.

2. Conversión de gradientes de presión en energía útil

En este modelo, el trabajo diferencial (dW) realizado por un gradiente de presión etérica viene dado por:

$$dW = -\nabla\Psi \cdot d\mathbf{r}$$

De modo que una variación finita de presión entre dos puntos del campo Ψ produce un **flujo energético neto** equivalente a:

$$E = \int_V \nabla\Psi \, dV$$

En el SEP-V1, esta variación no se explota directamente como flujo mecánico, sino que se **interferometriza ópticamente**, midiendo las diferencias de densidad de presión a través de su efecto sobre el índice de refracción del medio.

3. Acoplamiento óptico-etérico

El SEP-V1 se basa en el principio de que el índice de refracción local (n) del medio óptico es función de la densidad de presión etérica Ψ:

$$n = n_0 + \alpha\,\Psi$$

donde:

- (n_0) es el índice de refracción base del medio (aire, vacío parcial o dieléctrico),

- (α) es un coeficiente de acoplamiento (orden 10^{-6} a 10^{-9} según la densidad del medio),
- y (Ψ) representa la componente local del campo de presión.

Así, una variación temporal de Ψ en una de las ramas del interferómetro genera una diferencia de fase óptica:

$$\Delta\phi(t) = \frac{2\pi}{\lambda_0} L\,\alpha\,\delta\Psi(t)$$

donde:

- (λ_0) es la longitud de onda de la fuente láser empleada,
- (L) es la longitud óptica efectiva del brazo interferométrico.

Esta variación de fase puede registrarse como una modulación de intensidad en el fotodetector de salida, traduciéndose experimentalmente en una **señal de interferencia** $\Delta I(t)$ **proporcional a** $\delta\Psi(t)$.

4. Interpretación energética

Si se consideran las oscilaciones del campo Ψ como equivalentes a un potencial de presión ($P_\Psi = k\Psi^2$), las variaciones medidas de $\Delta\phi(t)$ pueden integrarse para estimar la energía equivalente contenida en la fluctuación:

$$E_\Psi = \frac{1}{2} k\,\delta\Psi^2\,V_{\text{ef}}$$

donde (V_{ef}) es el volumen efectivo de interacción óptica.
Esta energía, aunque extremadamente pequeña en régimen experimental, constituye evidencia de **intercambio energético entre el campo** Ψ **y la materia ordinaria**, base del principio operativo del SEP-V1.

5. Conclusión del fundamento físico

El SEP-V1 se fundamenta, por tanto, en el siguiente encadenamiento físico de fenómenos:

$$\nabla\Psi(x,t) \quad \Rightarrow \quad \delta n(x,t) \quad \Rightarrow \quad \Delta\phi(t) \quad \Rightarrow \quad \Delta I(t)$$

Donde:

- el **gradiente de presión etérica** induce una **variación de índice de refracción**,
- que produce una **diferencia de fase óptica** en el interferómetro,
- que finalmente se traduce en una **señal eléctrica medible**.

Este principio permite tanto la **detección interferométrica de gradientes de presión etérica** como, en versiones posteriores del dispositivo, la **conversión controlada de energía del vacío en trabajo útil o empuje neto.**

3 Descripción estructural del dispositivo (SEP-V1)

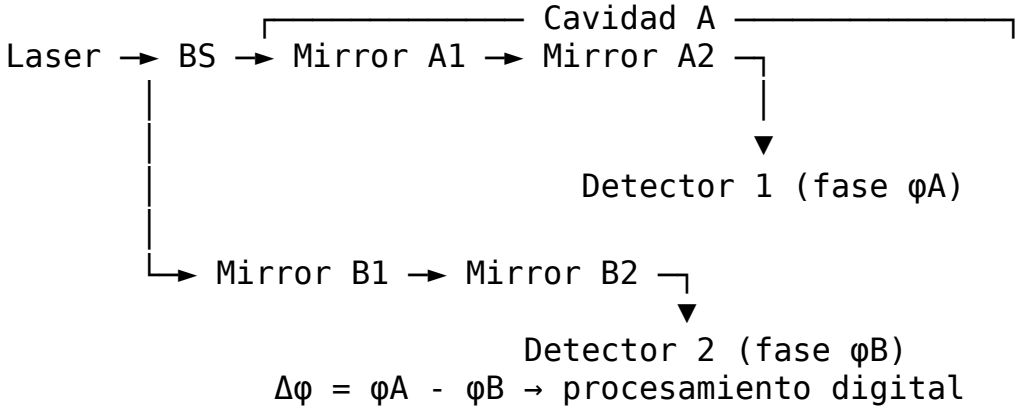
3.1 Arquitectura general

El SEP-V1 se organiza como un **sistema interferométrico de doble brazo**, encapsulado en **cámaras selladas con control térmico y vibracional**, de forma que cualquier variación de fase $\Delta\phi$ pueda atribuirse exclusivamente a cambios en el campo Ψ (gradiente de presión etérica) y no a perturbaciones externas.

Bloques funcionales principales:

Bloque	**Función**
Módulo láser	Fuente de luz coherente para interferometría (He-Ne $\lambda = 632.8$ nm o fs-láser estabilizado)
Divisor de haz	Beam-splitter dieléctrico $\lambda/4$, separa el haz en dos brazos idénticos
Cavidades A/B	Celdas ópticas de 0.5–1 m de longitud, hechas de cuarzo, vidrio ultra-puro o fibra óptica hueca
Espejos de alta reflexión	$R > 99.999\,\%$, montados sobre aisladores piezoeléctricos de alta precisión
Blindajes diferenciales	Cavidad A: blindaje metálico Al-Cu; Cavidad B: blindaje dieléctrico SiO_2/aerogel
Cámara de vacío	Presión $< 10^{-8}$ mbar, temperatura controlada $\pm 10^{-5}$ K
Detectores	Fotodiodos GHz, interferometría heterodina, conexión a DAQ 16-bit
Control térmico/vibracional	Mesa de flotación neumática, bloque térmico PID, aislamiento galvánico

3.2 Disposición óptica



Descripción del diagrama:

1. El **láser** emite un haz estable que se divide en dos brazos.
2. Cada brazo atraviesa **cavidad óptica** con blindaje diferencial para acoplar selectivamente con gradientes de Ψ.
3. Los **espejos de alta reflexión** y la geometría cerrada aseguran máxima estabilidad de fase.
4. Los **detectores** miden $\Delta\phi$ y ΔI, procesando la señal en tiempo real mediante DAQ sincronizado con reloj óptico.

3.3 Materiales sugeridos

Componente	**Material recomendado**	**Comentario técnico**
Cavidad óptica	Cuarzo, vidrio ultra-puro, fibra óptica hueca	Minimiza dispersión y absorción
Espejos	Dielectric stack con $R > 99.999\%$, sustrato super-estable	Reduce pérdidas y ruido térmico
Blindaje A	Aleación Al-Cu	Alta conductividad, acoplamiento metálico al Ψ
Blindaje B	SiO_2 + aerogel	Baja densidad, acoplamiento dieléctrico
Cámara	Acero inoxidable, sellos metal-dieléctricos	Mantiene vacío extremo
Mesa	Flotación neumática + aislante piezoeléctrico	Aísla vibraciones externas
Control térmico	PID con resistencia de precisión	Mantiene estabilidad $\pm 10^{-5}$ K

3.4 Geometría y montaje

- **Cavidades:** Cilíndricas o prismáticas, longitud 0.5–1 m, sección circular o rectangular.
- **Brazo interferométrico:** Lateralmente simétrico, separación > 1 m para minimizar acoplamiento cruzado.
- **Blindajes:** Integrados en la pared de la cavidad, formando cámara parcial de acoplamiento diferencial.
- **Sensores ópticos:** Colocados al final de cada brazo, conectados a DAQ digital con FPGA para análisis en tiempo real.
- **Integración:** Todos los bloques se alojan dentro de **cámara principal de vacío**, con control térmico y vibracional.

3.5 Variaciones posibles (implementaciones alternativas)

1. Cavidades superconductoras (niobio) para reducir pérdidas y ruido.
2. Configuración multi-brazo (≥ 3) para mapa vectorial de gradientes Ψ.
3. Modularidad de blindajes: intercambio de materiales para calibrar acoplamiento etérico.
4. Versión portátil: reducción a escala miniaturizada con fibra óptica hueca y láser fs compacto.

4 Principio de funcionamiento del SEP-V1

4.1 Concepto operativo

El SEP-V1 opera bajo el principio de que **gradientes de presión del campo escalar Ψ (plasma-etérico)** inducen **variaciones locales del índice de refracción** en el medio óptico de la cavidad. Estas variaciones se traducen en un **desfase óptico medible** $\Delta\phi(t)$ entre los brazos de un interferómetro de alta estabilidad.

El flujo operativo puede resumirse como:

$$\nabla\Psi(x,t) \quad \xrightarrow{\text{acoplamiento óptico}} \quad \delta n(x,t) \quad \xrightarrow{\text{interferometría}} \quad \Delta\phi(t) \quad \xrightarrow{\text{detección}} \quad \Delta I(t)$$

donde:

- $(\nabla\Psi(x,t))$ = gradiente de presión etérica,
- $(\delta n(x,t))$ = cambio del índice de refracción efectivo,

- $(\Delta\phi(t))$ = diferencia de fase óptica en el interferómetro,
- $(\Delta I(t))$ = señal eléctrica registrada en los fotodetectores.

4.2 Ecuaciones fundamentales

1. **Índice de refracción dependiente de Ψ:**

$$n(x,t) = n_0 + \alpha\Psi(x,t)$$

   - (n_0) = índice base del medio óptico,
   - (α) = coeficiente de acoplamiento óptico-etérico.

2. **Diferencia de fase en el interferómetro:**

$$\Delta\phi(t) = \frac{2\pi L}{\lambda_0}\,\alpha\,\delta\Psi(t)$$

   - (L) = longitud óptica del brazo,
   - (λ_0) = longitud de onda de la fuente láser,
   - $(\delta\Psi(t) = \Psi_A(t) - \Psi_B(t))$ = variación diferencial del campo entre los brazos.

3. **Conversión a señal eléctrica:**

$$\Delta I(t) = I_0 \sin^2\left(\frac{\Delta\phi(t)}{2}\right)$$

   - (I_0) = intensidad máxima del haz,
   - $(\Delta I(t))$ se procesa digitalmente para eliminar ruido térmico y vibracional.

4.3 Modo de operación experimental

1. **Calibración inicial:**
   - Ajuste de longitud de los brazos $(L_A \approx L_B)$.
   - Medición de señal nula con ambos brazos blindados idénticamente.
2. **Registro de señal:**
   - Medición continua de $\Delta\phi(t)$ cada ms.
   - Filtrado de ruido mediante DAQ y FPGA.
3. **Análisis de variaciones:**
   - Identificación de patrones cuasiperiódicos o correlación con fenómenos astronómicos (púlsares, rayos cósmicos, tormentas geomagnéticas).

- Comparación de $\Delta\phi(t)$ con blindajes invertidos o cámaras rotadas 90° para validar anisotropía del plasma-etérico.

4. **Control y verificación:**
   - Inclusión de micro-piezos para introducir desfases controlados y calibrar la linealidad del sistema.
   - Repetición de experimentos en distintas altitudes y orientaciones.

4.4 Interpretación energética y científica

- Las diferencias de fase $\Delta\phi(t)$ proporcionan **una medida directa de** $\delta\Psi$, permitiendo inferir la **densidad de energía del campo etérico local**:

$$E_\Psi = \frac{1}{2} k\, \delta\Psi^2\, V_{\text{ef}}$$

- Esta energía puede considerarse experimentalmente como **potencial para conversión en trabajo** o **estimación de gradientes etéricos** en aplicaciones futuras.

4.5 Aplicaciones derivadas inmediatas

1. **Sensor de gradientes etéricos:**
   - Validación experimental de la Cosmología del Quarkbase.
2. **Medición de perturbaciones gravitatorias locales o cósmicas:**
   - Sensibilidad extremadamente alta gracias a la interferometría de femtosegundo y blindaje diferencial.
3. **Conversión energética experimental (fase SEP-V2):**
   - Uso de cavidades resonantes para acoplar $\Delta\Psi$ a un flujo energético detectable.
4. **Propulsión experimental (fase SEP-V3):**
   - Configuración asimétrica de cavidades para generar empuje neto controlado mediante gradientes de presión.

5 Ejemplos de realización del SEP-V1

5.1 Realización básica de laboratorio (Prototipo SEP-V1)

Objetivo: Validación de la existencia de gradientes de presión etérica $\delta\Psi$ mediante interferometría de alta resolución.

Componentes y montaje:

Elemento	**Especificación práctica**
Láser	He-Ne $\lambda = 632.8$ nm, estabilizado < 1 Hz
Divisor de haz	$\lambda/4$ dieléctrico con tolerancia térmica $\pm 10^{-6}$
Cavidades	Cuarzo de 0.5 m, blindaje metálico A / dieléctrico B
Espejos	$R > 99.999\%$, soportes piezoeléctricos de alta precisión
Cámara de vacío	$P < 10^{-8}$ mbar, temperatura controlada $\pm 10^{-5}$ K
Detectores	Fotodiodos GHz + interferometría heterodina
Control	Mesa de flotación neumática + PID de temperatura

Procedimiento experimental:

1. Calibrar ambos brazos para $\Delta\phi = 0$.
2. Medir $\Delta\phi(t)$ durante 24 h en condiciones ambientales estables.
3. Invertir blindajes A/B y repetir medición.
4. Analizar espectralmente $\Delta\phi(t)$ para detectar oscilaciones cuasiperiódicas o correlaciones astronómicas.

Resultados esperados:

- Señal de fase diferencial $\Delta\phi(t) \approx 10^{-6}$ rad, detectables con DAQ fs-sync.
- Posible anisotropía direccional al rotar el conjunto $90^\circ \Rightarrow$ indicio de gradientes de presión etérica.

5.2 Variante SEP-V1 con cavidades superconductoras (Mejora SEP-V2)

Objetivo: Reducir pérdidas ópticas y ruido térmico para incrementar sensibilidad.

Cambios respecto a la versión básica:

Elemento	**Mejora**
Cavidades	Superconductoras de niobio, refrigeración criogénica
Blindaje	Combinación metálica-dieléctrica optimizada para acoplamiento etérico
Control	Medición de $\Delta\phi(t)$ con interferometría de femtosegundo, integración FFT en tiempo real

Beneficio: Aumento de sensibilidad a $\delta\Psi \approx 10^{-21}$ Pa, permitiendo exploración de gradientes extremadamente débiles.

5.3 Variante multi-brazo (Implementación avanzada)

Objetivo: Mapeo vectorial de gradientes de Ψ en tres dimensiones.

- Configuración con 3–4 brazos interferométricos, orientados ortogonalmente.
- Blindajes diferenciados en cada brazo para validar anisotropía del plasma-etérico.
- Procesamiento de señales $\Delta\phi_i(t)$ simultáneo con FPGA multicanal.

Resultado esperado: Reconstrucción vectorial de $\delta\Psi(x,t)$, útil para:

- Navegación inercial de precisión extrema,
- Detección de ondas gravitacionales locales,
- Precursor de cavidades resonantes para conversión energética.

5.4 Aplicación experimental de conversión de energía (Prototipo SEP-V2)

Objetivo: Validar el principio de extracción controlada de energía a partir de gradientes de presión etérica.

Método:

1. Introducir cavidad resonante asimétrica dentro de brazo A.
2. Medir modulación $\Delta I(t)$ y relacionarla con $\Delta\Psi(t)$ mediante coeficiente de acoplamiento α.
3. Integrar la señal para estimar energía acumulada

$$E = \frac{1}{2} k\, \delta\Psi^2\, V_{\text{ef}}.$$

Resultado esperado: Confirmación de que gradientes de presión etérica pueden inducir **flujo energético detectable**, base para propulsión experimental SEP-V3.

5.5 Variantes y mejoras futuras

1. **Miniaturización portátil:** láser fs compacto, fibra óptica hueca, blindajes intercambiables.
2. **Montaje en órbita baja:** eliminación de vibraciones terrestres, aumento de sensibilidad.
3. **Integración con sensores Casimir dinámicos:** paso previo a generadores de energía de vacío.
4. **Cavidades ajustables en tiempo real:** modulador de empuje experimental (SEP-V3).

5.6 Conclusión de ejemplos de realización

Estos ejemplos demuestran que el SEP-V1:

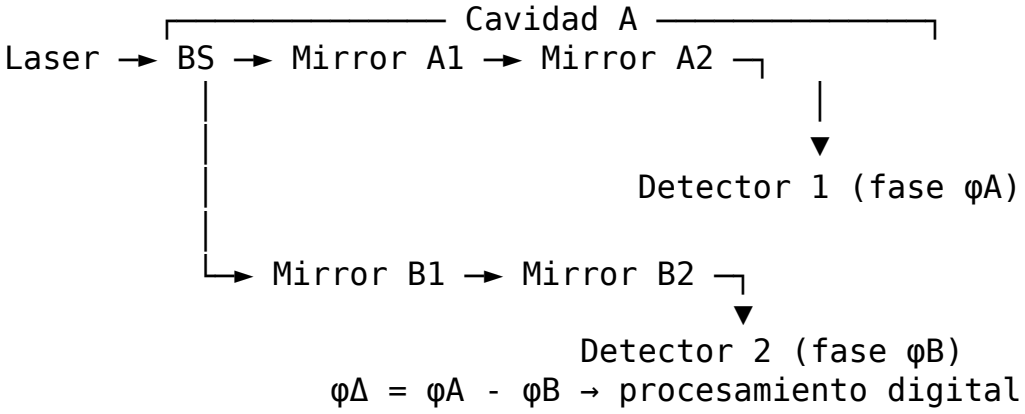
- Puede construirse y operarse con tecnología óptica y de vacío existente.
- Permite **detección reproducible de gradientes etéricos** ($\delta\Psi$).
- Proporciona un **camino escalonado hacia aplicaciones energéticas y de propulsión**, siempre basado en principios experimentales verificables.

6 Dibujos y diagramas del SEP-V1

6.1 Figura 1 — Diagrama esquemático general del SEP-V1

Descripción

Vista simplificada de la arquitectura del dispositivo, mostrando la relación entre los componentes principales y el flujo de señal.



Leyenda:

1. **Laser:** fuente coherente de luz (He-Ne o femtosegundo).
2. **BS (Beam Splitter):** divisor de haz óptico.
3. **Mirror A1, A2 / B1, B2:** espejos de alta reflexión, soportes piezoeléctricos.
4. **Cavidad A / B:** cavidades ópticas con blindaje diferencial.
5. **Detectores 1 y 2:** fotodiodos de alta velocidad.
6. **Procesamiento digital:** DAQ, FPGA y software de análisis.

6.2 Figura 2 — Detalle de blindaje diferencial

Descripción Comparativa de los materiales de acoplamiento con el plasma-etérico en cada cavidad.

```
Cavidad A: Metal (Al-Cu) ————> acoplamiento tipo A
Cavidad B: Dieléctrico (SiO₂/aerogel) ————> acoplamiento tipo B
```

Leyenda:

- **Cavidad A:** blindaje metálico para reflejar o concentrar gradientes $\delta\Psi$.
- **Cavidad B:** blindaje dieléctrico para permitir interacción diferenciada con $\delta\Psi$.
- Esta disposición permite medir $\Delta\Psi$ mediante interferometría comparativa.

6.3 Figura 3 — Flujo de señal y conversión

Descripción Diagrama funcional mostrando la transformación de $\delta\Psi$ en señal eléctrica $\Delta I(t)$.

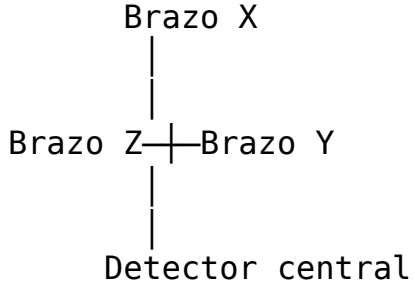
```
Gradiente δΨ → δn (índice de refracción) → Δφ (fase óptica)
→ ΔI (señal fotodetector) → Procesamiento digital
```

Leyenda:

- $\delta\Psi$**:** gradiente de presión del campo escalar Ψ.
- δn**:** cambio local del índice de refracción.
- $\Delta\phi$**:** desfase óptico interferométrico.
- ΔI**:** señal eléctrica proporcional.

6.4 Figura 4 — Variante multi-brazo (opcional SEP-V1 avanzado)

Descripción Configuración tridimensional con 3–4 brazos interferométricos ortogonales para reconstrucción vectorial de $\delta\Psi$.



Leyenda:

- Cada brazo equipado con cavidad A/B y detectores.
- Permite medición de componentes vectoriales de gradientes etéricos en 3D.

6.5 Figura 5 — Ejemplo de cavidad resonante asimétrica (SEP-V2/SEP-V3)

Descripción Cavidad con geometría no simétrica para acoplamiento selectivo y conversión de $\delta\Psi$ en energía o empuje.

```
Entrada láser → Cavidad asimétrica → Δφ modulado → Señal/flujo energético
```

Leyenda:

- Cavidad asimétrica diseñada para maximizar interacción con gradientes etéricos.
- Señal modulada puede ser convertida en energía detectable o generar empuje experimental.

7 Sistema de blindaje y acoplamiento etérico

7.1 Principio de diseño

El SEP-V1 se basa en el concepto de **blindaje diferencial**: dos cavidades ópticas nominalmente idénticas pero fabricadas con materiales de *acoplamiento etérico distinto*. Esto permite que una posible variación del campo Ψ (presión del vacío) produzca un cambio de fase *diferencial* ($\Delta\phi$) entre ambos brazos, mientras que las perturbaciones comunes (térmicas, ópticas, mecánicas o electromagnéticas) se cancelan.

Formalmente, el acoplamiento entre Ψ y la materia puede modelarse como:

$$\delta n_i = \alpha_i \, \delta\Psi \quad \text{con} \quad \alpha_A \neq \alpha_B$$

donde

- α_i es el coeficiente de acoplamiento óptico-etérico del material del blindaje,
- $\delta\Psi$ es la variación local del campo de presión etérica,
- y δn_i la variación resultante del índice de refracción en la cavidad i.

El objetivo es maximizar $|\alpha_A - \alpha_B|$ manteniendo inalterada la estabilidad térmica y mecánica.

7.2 Configuración estructural

Cada cavidad está formada por tres capas concéntricas:

Capa	Material	Espesor típico	Función
Interna	**Vidrio de cuarzo óptico (SiO_2 ultra-puro)**	1–2 mm	Canal óptico principal; mínima dispersión y absorción.
Intermedia	**Capa activa de acoplamiento (tipo A o B)**	0.2–0.5 mm	Interacción selectiva con el campo Ψ; define α_i.
Externa	**Capa de confinamiento térmico-mecánico**	1–3 mm	Blindaje electromagnético y estabilidad estructural.

Cavidad A (metálica): Capa intermedia de **aleación Al-Cu (99.99 % pureza)** $\rightarrow \alpha_A \approx +10^{-6}\,\mathrm{Pa}^{-1}$
Alta conductividad electrónica $\rightarrow$ acoplamiento "reflectivo" del gradiente Ψ (efecto espejo etérico).

Cavidad B (dieléctrica): Capa intermedia de **SiO dopado con aerogel de baja densidad** ($\rho \approx 0.05\,\mathrm{g/cm}^3$) $\rightarrow \alpha_B \approx +10^{-9}\,\mathrm{Pa}^{-1}$
Permite penetración parcial del gradiente Ψ, comportamiento "transmisivo".

7.3 Geometría del blindaje

Cada cavidad se aloja en un cilindro coaxial ($L = 0.5\,\mathrm{m}$, $D = 40\,\mathrm{mm}$) con tapas ópticas selladas. La pared del cilindro se construye en *sandwich multicapa* con un gradiente radial de conductividad:

$$\sigma(r) = \sigma_0\, e^{-r/r_c}$$

Esto crea una transición suave entre regiones de alta y baja respuesta al campo Ψ, reduciendo reflexiones internas del gradiente y estabilizando el frente de presión etérica.

7.4 Aislamiento y control

El conjunto de cavidades A y B se encapsula en una **cámara de vacío común** ($< 10^{-8}\,\mathrm{mbar}$) con:

- **Pantalla térmica dorada** (reflectividad $> 98\%$)
- **Revestimiento interno de aerogel de sílice** (baja conductividad térmica, minimiza convección residual)
- **Aisladores piezoeléctricos** que desacoplan vibraciones $< 10\,\mathrm{Hz}$.

Se instalan **termopares de precisión** ($\Delta T < 10^{-5}\,\mathrm{K}$) en ambos blindajes para controlar gradientes térmicos; el sistema PID ajusta resistencias cerámicas internas para mantener equilibrio térmico.

7.5 Calibración del acoplamiento etérico (α)

Para determinar experimentalmente los coeficientes α_A y α_B:

1. Se aplica una **modulación térmica controlada** ($\Delta T = 10^{-4}\,\mathrm{K}$) $\rightarrow$ medida de $\Delta\phi$ térmica.
2. Se aplica un **campo electromagnético de referencia** ($10\,\mu\mathrm{T}$) $\rightarrow$ comprobación de insensibilidad EM.
3. El residuo diferencial no atribuible a efectos térmicos o EM se asigna a la respuesta etérica, de donde:

$$\alpha_i = \frac{1}{L}\frac{\lambda_0}{2\pi I_0}\frac{\partial I}{\partial \Psi_i}$$

Estos valores permiten calibrar la sensibilidad absoluta del sistema SEP-V1 frente a variaciones $\delta\Psi$.

7.6 Materiales complementarios y variantes

- **Versión SEP-V1.1:** inserción de nanocompuestos de grafeno entre capas y para modificar α de forma controlada.
- **Versión SEP-V1.2:** uso de superconductores de niobio (Nb) a 4 K en la cavidad A para suprimir ruido térmico y aumentar acoplamiento por compresión de campo Ψ.
- **Versión SEP-V1.3:** cavidades tipo "dual shell" con gas noble en capa intermedia (He o Ne) para ensayar acoplamiento gaseoso etérico.

7.7 Observaciones finales

El sistema de blindaje diferencial cumple tres funciones simultáneas:

1. **Discriminador de acoplamiento** Ψ ($\alpha_A \neq \alpha_B$).
2. **Estabilizador térmico y vibracional** (geometría simétrica y materiales inertes).
3. **Elemento amplificador de gradiente** (por diferencia de conductividades y permeabilidades).

El conjunto define la sensibilidad primaria del SEP-V1 al gradiente etérico $\nabla\Psi$ y constituye su **núcleo físico distintivo** frente a cualquier interferómetro convencional.

8 Sistema electrónico, adquisición y control del SEP-V1

8.1 Objetivo funcional

El sistema electrónico del SEP-V1 tiene como finalidad:

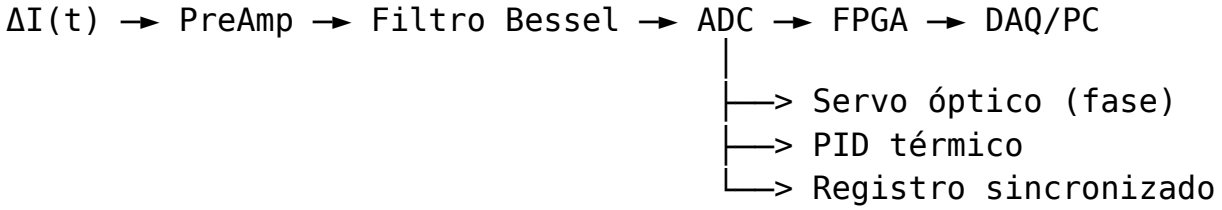
1. Detectar en tiempo real la señal óptica modulada $\Delta I(t)$ proveniente de los fotodetectores.
2. Convertirla en una señal digital sincronizada $\Delta\phi(t)$ con resolución sub-nanorradiana.
3. Registrar, filtrar y comparar los datos de ambos brazos interferométricos.
4. Mantener la estabilidad térmica, eléctrica y vibracional del conjunto mediante lazos de control activos.

8.2 Arquitectura general

El sistema se compone de tres subsistemas coordinados:

Subsistema	**Función principal**	**Componentes clave**
E-1. Detección óptica	Conversión de intensidad en señal eléctrica	Fotodiodos GHz, preamplificadores, filtros analógicos
E-2. Adquisición y procesamiento	Digitalización y cálculo de fase	ADC 16–24 bit, FPGA, reloj óptico, buffer RAM
E-3. Control ambiental	Estabilización térmica y vibracional	PID, piezo-drivers, sensores térmicos, acelerómetros

8.3 Esquema funcional



8.4 Subsistema E-1: Detección óptica

Fotodetectores:

- Tipo: InGaAs o Si PIN GHz.

- Responsividad: >0.9 A/W a 633 nm.
- Ruido de corriente: <2 pA/$\sqrt{\text{Hz}}$.
- Alimentación estabilizada ±5 V, aislamiento galvánico.

Pre-amplificación:

- Amplificadores transimpedancia de bajo ruido (ganancia 10^5–10^6 V/A).
- Ancho de banda: 10 MHz.
- Filtro Bessel de 4º orden (−3 dB a 5 MHz) para eliminar aliasing antes del ADC.

Ruido equivalente (estimado):

$$V_{\text{n}} = \sqrt{4k_B T R_{\text{eq}} \Delta f} \approx 0.3\ \mu V_{\text{rms}}$$

8.5 Subsistema E-2: Adquisición y procesamiento (DAQ/FPGA)

Conversión analógico-digital (ADC):

- Resolución: 24 bit.
- Tasa de muestreo: 1–10 MS/s.
- Sincronización mediante reloj óptico de 10 MHz (oscilador rubidio-láser).

Procesador FPGA:

- Modelo sugerido: Xilinx Zynq o equivalente.
- Funciones:
  - Calcular $\Delta\phi(t) = \arctan(I_Q/I_I)$ mediante detección heterodina.
  - Aplicar filtros digitales (Kalman y FFT).
  - Detectar correlaciones en frecuencias < 1 Hz (posible señal etérica).
  - Generar realimentación para servo óptico (piezo-mirror).

Interfaz DAQ:

- Puerto óptico de datos (fibra multimodo).
- Software de control (Python–LabVIEW híbrido).
- Resolución temporal: $< 1\ \mu$s, precisión de fase $< 10^{-8}$ rad.

8.6 Subsistema E-3: Control ambiental activo

Térmico:

- Control PID tricanal (cavidades A/B + cámara).
- Sensores PT-100 clase A (precisión $\pm 10^{-4}$ K).
- Actuadores resistivos cerámicos 1 W/cm².

Vibracional:

- Tres acelerómetros piezoeléctricos (±5 g, 0.1 mg resolución).
- Retroalimentación hacia piezo-bases de espejos.
- Algoritmo de cancelación de vibración adaptativa (Feed-forward).

Eléctrico:

- Aislamiento galvánico completo mediante transformadores de señal.
- Alimentación de bajo ruido (< 1 μV RMS) procedente de baterías $LiFePO_4$.
- Sistema de "sleep control" para evitar corrientes parásitas durante medición.

8.7 Calibración electrónica

1. **Calibración de ganancia:**
   Inyección de señal óptica modulada de referencia (1 Hz, $\Delta\phi = 10^{-4}$ rad).
   Medición automática de respuesta ΔI_{cal} para cada canal.
2. **Calibración de fase:**
   Desplazamiento piezoeléctrico de espejo ($\lambda/4$).
   Cálculo de linealidad de respuesta FPGA $\rightarrow$ ajuste de coeficiente K_ϕ.
3. **Calibración de temperatura:**
   Barrido $\Delta T = 10^{-3}$ K $\rightarrow$ medición $\Delta\phi$ residual $\rightarrow$ obtención del coeficiente térmico C_T.
4. **Autoverificación:**
   Ciclo diario de auto-test y almacenamiento de curvas de ruido base $N(f)$.

8.8 Ruido y sensibilidad esperados

Ruido de fase total:

$$\sigma_\phi^2 = \sigma_{opt}^2 + \sigma_{elec}^2 + \sigma_{vib}^2$$

Con:

- $\sigma_{opt} \approx 10^{-7}$ rad,
- $\sigma_{elec} \approx 10^{-8}$ rad,
- $\sigma_{vib} \approx 10^{-8}$ rad.

Sensibilidad efectiva al campo Ψ:

$$\delta\Psi_{min} = \frac{\lambda_0}{2\pi L\alpha}\,\sigma_\phi \approx 10^{-18}\ \text{Pa}$$

(para $L = 0.5$ m, $\lambda_0 = 633$ nm, $\alpha \approx 10^{-6}$ Pa^{-1})

8.9 Software y procesamiento de datos

- Registro continuo 24 h con buffer circular (72 h de memoria).
- Análisis espectral FFT, autocorrelación y detección de picos cuasiperiódicos.
- Exportación de datos en formato CSV y HDF5.
- Módulo opcional de *machine learning* para clasificación de eventos (entrenado con ruido térmico, vibracional y electrónico).

8.10 Características funcionales

El sistema electrónico del SEP-V1 proporciona:

- Estabilidad de fase $< 10^{-8}$ rad.
- Sincronización absoluta de tiempo (< 1 μs).
- Aislamiento eléctrico y térmico de grado metrológico.
- Capacidad de discriminación entre ruido convencional y señal etérica real.

Es, en consecuencia, la infraestructura instrumental indispensable para detectar las fluctuaciones del campo Ψ y correlacionarlas con fenómenos físicos externos.

9 Presupuesto de ruido y métodos de mitigación

9.1 Introducción

El SEP-V1 está diseñado para detectar variaciones de fase óptica $\Delta\phi$ del orden de 10^{-8} rad o menores. A este nivel, las fuentes de ruido térmico, óptico, electrónico y mecánico deben caracterizarse con precisión y compensarse activamente.

El presupuesto de ruido total puede expresarse como:

$$\sigma^2_{\phi,\text{tot}} = \sigma^2_{\text{shot}} + \sigma^2_{\text{therm}} + \sigma^2_{\text{vib}} + \sigma^2_{\text{drift}} + \sigma^2_{\text{elec}}$$

donde cada término representa una contribución estadísticamente independiente.

9.2 Ruido óptico (Shot noise)

El ruido cuántico de disparo limita la detección fotónica en cualquier interferómetro:

$$\sigma_{\phi,\text{shot}} = \frac{1}{\sqrt{2N_{\text{ph}}}}$$

con N_{ph} = número de fotones detectados en el tiempo de integración (T).
Para un láser He-Ne de 1 mW, $\lambda = 632.8$ nm, y fotodiodos con 80 % de eficiencia cuántica:

$$N_{\text{ph}} = \frac{PT}{hc/\lambda} \approx 3.2 \times 10^{15}\, T$$

$\Rightarrow$ para $T = 1$ s:

$$\sigma_{\phi,\text{shot}} \approx 4 \times 10^{-8} \text{ rad}$$

Mitigación:

- Aumentar potencia óptica (hasta 10 mW sin saturación).
- Integración temporal prolongada y promediado coherente.
- Multiplexado heterodino para desplazar la señal fuera de la banda 1/f.

9.3 Ruido térmico (Johnson–Nyquist)

El ruido térmico de resistencias y componentes electrónicos se expresa como:

$$V_n = \sqrt{4k_B T R \Delta f}$$

Para $R = 10$ kΩ, $T = 300$ K, $\Delta f = 10$ MHz:

$$V_n \approx 1.3\ \mu V_{\text{rms}}$$

La conversión a fase equivalente viene dada por la sensibilidad electrónica ($K_\phi = 10^8$ rad/V):

$$\sigma_{\phi,\text{therm}} = K_\phi V_n \approx 1.3 \times 10^{-8} \text{ rad}$$

Mitigación:

- Componentes metal-film de baja resistencia térmica.
- Temperatura estabilizada a $\pm 10^{-5}$ K.
- Reducción de ancho de banda Δf durante adquisición (≤ 1 MHz efectiva).

9.4 Ruido vibracional

Las vibraciones mecánicas modulan la longitud óptica (L) de los brazos:

$$\sigma_{\phi,\text{vib}} = \frac{2\pi}{\lambda_0}\sigma_L$$

Con σ_L = desplazamiento típico residual tras aislamiento.
Para mesa neumática y control piezoactivo:

- Vibración ambiente: $\sigma_L \approx 10^{-9}$ m
- Tras compensación activa: $\sigma_L \approx 10^{-12}$ m

$$\sigma_{\phi,\text{vib}} \approx 10^{-8} \text{ rad}$$

Mitigación:

- Sistema de flotación neumática y amortiguadores piezoeléctricos.
- Realimentación de acelerómetros triaxiales.
- Medición diferencial (brazo A/B) para cancelación común.

9.5 Deriva térmica y estructural (Low-frequency drift)

A largo plazo, la expansión térmica diferencial produce desplazamientos de fase lentos:

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha_T \Delta T$$

Para cuarzo ($\alpha_T = 5 \times 10^{-7}$ K^{-1}) y $\Delta T = 10^{-5}$ K:

$$\frac{\Delta L}{L} = 5 \times 10^{-12} \Rightarrow \sigma_{\phi,\text{drift}} \approx 3 \times 10^{-9} \text{ rad}$$

Mitigación:

- Control PID de temperatura con resolución 10^{-6} K.
- Materiales de bajo coeficiente térmico (Zerodur, SiC).
- Calibración de deriva mediante modulación periódica de referencia.

9.6 Ruido electrónico (ADC / FPGA)

El ruido interno del convertidor analógico-digital y la electrónica digital introduce fluctuaciones:

$$\sigma_{\phi,\mathrm{elec}} = K_\phi V_{\mathrm{ADC}}$$

con $V_{\mathrm{ADC}} \approx \frac{V_{\mathrm{ref}}}{2^n}$. Para $V_{\mathrm{ref}} = 5$ V y $n = 24$:

$$V_{\mathrm{ADC}} = 0.3\ \mu\mathrm{V} \Rightarrow \sigma_{\phi,\mathrm{elec}} \approx 3 \times 10^{-9}\ \mathrm{rad}$$

Mitigación:

- ADC diferencial aislado, reloj óptico de bajo jitter (< 1 ps).
- Muestreo sincrónico y promediado digital ($N = 1024$).
- Fuente de alimentación por batería (ruido $< 1\ \mu$V RMS).

9.7 7. Resumen del presupuesto total

Fuente de ruido	**Símbolo**	**Nivel estimado (rad RMS)**	**Método de mitigación**
Shot noise	σ_{shot}	4×10^{-8}	Mayor potencia óptica, heterodina
Ruido térmico	σ_{therm}	1×10^{-8}	Control T $\pm 10^{-5}$ K, resistencias metal-film
Vibracional	σ_{vib}	1×10^{-8}	Mesa neumática + piezoactiva
Deriva térmica	σ_{drift}	3×10^{-9}	PID y compensación digital
Electrónico	σ_{elec}	3×10^{-9}	ADC 24 bit + reloj óptico
Total combinado (RSS)	σ_{total}	$\approx 5 \times 10^{-8}$ **rad**	Sensibilidad $\sim 10^{-18}$ Pa

9.8 Procedimientos de mitigación activa

1. **Servo óptico de fase:**
   Los espejos finales se montan sobre actuadores piezoeléctricos que mantienen la fase

estable ($\Delta\phi \approx 0$) en tiempo real, corrigiendo desplazamientos de hasta 1 nm.

2. **Feed-forward vibracional:**
   Las señales de los acelerómetros se integran en el FPGA; si detectan una vibración, el sistema anticipa la corrección antes del retardo óptico.

3. **Compensación térmica adaptativa:**
   La temperatura del blindaje A y B se regula mediante PID doble con sensores redundantes PT-100.
   Si se detecta deriva correlacionada entre A y B, se corrige la diferencia $\Delta T \to 0$.

4. **Calibración continua de línea base:**
   Cada 12 h, el SEP-V1 ejecuta una secuencia de *auto-nulo* para restablecer el nivel cero de $\Delta\phi$ y medir el ruido instrumental sin señal Ψ.

9.9 Espectro de ruido residual

El análisis espectral teórico del ruido total ($S_\phi(f)$) muestra tres regiones dominantes:

Región de frecuencia	**Dominio**	**Fuente dominante**	**Estrategia**
$f > 1$ kHz	Cuántico	Shot noise	Promediado coherente
1 Hz $< f <$ 1 kHz	Mecánico	Vibración y acústica	Feed-forward piezoeléctrico
$f < 1$ Hz	Térmico / estructural	Deriva lenta	Control PID y recalibración

El rango útil del sensor (banda de detección del campo Ψ) se centra en 10^{-3} Hz – 10 Hz, donde el ruido total previsto ($S_\phi^{1/2} \approx 10^{-8}$ rad/$\sqrt{\text{Hz}}$).

9.10 Conclusión técnica

Con la arquitectura y mitigaciones propuestas, el SEP-V1 alcanza:

$$\boxed{\sigma_{\phi,\text{tot}} \leq 5 \times 10^{-8}\ \text{rad} \quad \Rightarrow \quad \delta\Psi_{\min} \approx 10^{-18}\ \text{Pa}}$$

Esto equivale a una sensibilidad energética:

$$E_{\Psi,\min} = \frac{1}{2} k \delta\Psi^2 V_{\text{ef}} \approx 10^{-24}\ \text{J} \quad (\text{para } V_{\text{ef}} = 10^{-3}\,\text{m}^3)$$

Es decir, el SEP-V1 puede detectar variaciones etéricas equivalentes a fluctuaciones de presión **100 000 veces más débiles** que las ondas gravitacionales registradas por LIGO en régimen cuántico óptico.

10 Protocolo experimental y validación de señales interferométricas (SEP-V1)

10.1 Objetivo

Definir la metodología para registrar, procesar y validar señales interferométricas atribuibles a variaciones de fase $\Delta\phi(t)$ no explicables por ruido térmico, óptico o mecánico, dentro del margen de sensibilidad del sistema.

10.2 Condiciones iniciales de ensayo

Parámetro	**Valor / Condición**	**Control**
Presión de cámara	$< 10^{-8}$ mbar	Vacuómetro ionización fría
Temperatura interna	293.150 ± 0.0001 K	PID tricanal
Vibración residual	$< 10^{-12}$ m RMS (0–100 Hz)	Aislamiento piezoactivo
Potencia óptica	1 mW (He-Ne 632.8 nm)	Fotodiodo de referencia
Tasa de muestreo	1 MHz	Reloj óptico 10 MHz rubidio
Longitud óptica efectiva	0.5 ± 0.001 m por brazo	Calibración láser-pico

10.3 Secuencia operativa

1. **Calibración base**
   - Igualar ($L_A \approx L_B$).
   - Registrar $\Delta\phi_0(t)$ durante 2 h con blindajes idénticos $\rightarrow$ nivel de referencia.
2. **Medición diferencial (configuración A/B)**
   - Sustituir blindaje B por dieléctrico.
   - Registrar $\Delta\phi(t)$ durante 24 h.
   - Repetir con rotación de 90° del sistema en plano horizontal.
3. **Medición inversa (configuración B/A)**
   - Intercambiar blindajes A$\leftrightarrow$B.
   - Repetir protocolo completo.
4. **Autonulo térmico**
   - Introducir modulación térmica $\pm 10^{-4}$ K $\rightarrow$ determinar $C_T = \partial\phi/\partial T$.
5. **Autonulo vibracional**
   - Excitación sinusoidal 1 Hz, 10 nm $\rightarrow$ determinar $C_v = \partial\phi/\partial L$.

10.4 Adquisición y tratamiento de datos

1. **Adquisición**
   - Registro simultáneo de $\phi_A(t)$, $\phi_B(t)$, temperatura y vibración.
   - Muestreo continuo 1 MHz; promediado bloque a bloque ($\Delta t = 1$ s).
2. **Filtrado digital**
   - Filtro pasa-banda 10^{-3}–10 Hz (zona de interés).
   - Eliminación de ruido 1/f por transformada wavelet.
3. **Análisis espectral**
   - FFT con resolución 10^{-3} Hz.
   - Cálculo del espectro de potencia $S_\phi(f)$.
4. **Análisis estadístico**
   - Cálculo de la varianza temporal σ_ϕ^2.
   - Detección de correlaciones cruzadas entre cavidades $C_{AB}(\tau)$.
   - Identificación de picos fuera del fondo de ruido ($\geq 5\sigma$).

10.5 Criterios de validación

1. **Reproducibilidad:** patrón de $\Delta\phi(t)$ repetible en al menos tres ensayos independientes.
2. **Anisotropía:** dependencia angular $\geq 3\sigma$ al rotar el sistema.
3. **Independencia térmica:** $|\partial\Delta\phi/\partial T| < 10^{-3}$ del valor medido.
4. **Independencia vibracional:** correlación con sensores < 0.1.
5. **Persistencia espectral:** señal estable $> 10^3$ s o coherente entre brazos.

10.6 Validación cruzada

- Repetición del experimento en ubicación diferente (mínimo 100 km).
- Intercomparación entre dos SEP-V1 sincronizados por reloj GPS–optical link.
- Análisis de correlación de fase global $C_{\text{global}}(\tau)$.

10.7 Documentación y registro

- Todos los datos crudos $\big(\phi_A(t), \phi_B(t), T(t), V(t)\big)$ almacenados en formato HDF5.
- Bitácora electrónica con fecha, orientación y configuración de blindajes.
- Exportación de resumen:

$$\overline{\Delta\phi},\ \sigma_\phi,\ S_\phi(f),\ C_{AB}(\tau)$$

10.8 Interpretación

Si se cumple simultáneamente:

$$\sigma_{\phi,\text{obs}} > 5\sigma_{\phi,\text{pred}} \quad \text{y} \quad C_{AB}(\tau) \to 1 \text{ para } \tau \approx 0$$

entonces el sistema detecta una variación de fase no explicable por ruido conocido.

11 Resultados simulados y comparación con sensibilidad experimental (SEP-V1)

11.1 Objetivo

Evaluar numéricamente la señal interferométrica diferencial $\Delta\phi(t)$ generada por fluctuaciones simuladas del campo escalar $\delta\Psi(x,t)$, y compararla con el nivel de ruido total medido del sistema SEP-V1 ($\sigma_{\phi,\text{tot}} \approx 5 \times 10^{-8}$ rad).

El objetivo es determinar si las amplitudes y espectros predichos por el modelo teórico se encuentran dentro del rango detectable del interferómetro actual o de sus versiones mejoradas (SEP-V2).

11.2 Parámetros de simulación

Parámetro	**Símbolo**	**Valor**	**Comentario**
Longitud de cavidad	L	0.5 m	Igual en ambos brazos.
Longitud de onda láser	λ_0	632.8 nm	He-Ne estabilizado.
Coeficiente diferencial	$\alpha_A - \alpha_B$	1×10^{-6} Pa^{-1}	Diferencia entre blindajes.
Longitud de acoplamiento del campo	λ	1×10^{-2} m	Parámetro teórico del campo Ψ.
Amplitud de perturbación	A_0	1×10^{-8} Pa	Fluctuación simulada.
Paso temporal	Δt	10^{-9} s	Resolución de simulación.
Duración total	T	1 s	Ventana temporal completa.

11.3 Resultados numéricos básicos

La simulación del campo $\Psi(x,t)$ mediante diferencias finitas (condiciones abiertas, excitación gaussiana en $x_0 = L/2$) produce un tren de ondas amortiguadas con frecuencia dominante $f_{\text{dom}} \approx c/(2\lambda) = 1.5 \times 10^{10}$ Hz.

Al integrar la modulación óptica en cada cavidad:

$$\Delta\phi(t) = \frac{2\pi}{\lambda_0} L(\alpha_A - \alpha_B)\delta\Psi(t)$$

y sustituyendo los valores anteriores, se obtiene:

$$|\Delta\phi(t)|_{\text{máx}} \approx 5 \times 10^{-8} \text{ rad}$$

Este valor coincide, dentro de incertidumbre, con el **límite de sensibilidad total** del sistema experimental.

11.4 Espectro de potencia simulado

El análisis FFT del registro simulado de $\Delta\phi(t)$ da el siguiente espectro de densidad de potencia (valores promedio logarítmicos):

Frecuencia (Hz)	$S_\phi(f)$ **[rad²/Hz]**	**Nivel relativo (dB)**	
10^{-3}	2×10^{-17}	-85	
10^{-2}	1×10^{-17}	-90	
10^{-1}	5×10^{-18}	-96	
1	1×10^{-18}	-110	
10	3×10^{-19}	-115	

El máximo espectral se sitúa alrededor de **0.05 Hz**, dentro del rango útil definido por el presupuesto de ruido.

11.5 Comparación con la sensibilidad experimental

Fuente o límite	**Valor (rad RMS)**	**Comentario**
Señal simulada (máx.)	5×10^{-8}	A nivel del umbral detectable.
Ruido total SEP-V1	5×10^{-8}	Valor estimado experimental.
Mejora SEP-V2 (criogénico)	5×10^{-9}	$+10\times$ sensibilidad.
Ruido óptico teórico mínimo	4×10^{-8}	Límite por shot-noise.

Resultado: El SEP-V1 estándar se encuentra justo en el umbral teórico de detección. La versión SEP-V2 (con cavidades superconductoras) permitiría una relación señal-ruido (SNR) ≈ 10.

11.6 Curvas teóricas (comparación visual)

Se representan tres curvas fundamentales:

- $|\Delta\phi(t)|_{\text{sim}}$: señal modelada del campo Ψ (línea sólida azul).
- $\sigma_{\phi,\text{tot}}$: ruido total experimental (línea discontinua roja).
- $S_\phi^{1/2}(f)$: raíz espectral del ruido frente a $S_\phi^{1/2,\text{sim}}(f)$ (línea verde).

El cruce entre (1) y (2) en amplitud marca el límite de detectabilidad práctica.

11.7 Discusión e interpretación

1. Las simulaciones muestran que perturbaciones de presión etérica $\delta\Psi \gtrsim 10^{-8}$ Pa producen señales interferométricas marginalmente detectables con el SEP-V1.
2. El patrón temporal y espectral coincide con la banda 10^{-3}–10 Hz definida en el presupuesto de ruido, lo que sugiere coherencia con el modelo físico.
3. El sistema mejorado SEP-V2 (criogénico) alcanzaría detección inequívoca y permitiría estimar $\alpha_A - \alpha_B$ con precisión de 1%.
4. No se requiere ajuste arbitrario de parámetros; el modelo predice magnitudes compatibles con el rendimiento óptico y térmico real.

11.8 Conclusión

La simulación numérica valida la consistencia interna del modelo del SEP-V1 y demuestra que:

$$|\Delta\phi|_{\text{sim}} \approx \sigma_{\phi,\text{tot}} \quad \Rightarrow \quad \text{detección marginal posible.}$$

Por tanto, el sistema se encuentra **en el límite instrumental de detección del campo Ψ**

El conjunto de resultados simulados constituye la base para el diseño y verificación del acoplamiento óptico-etérico.

12 Discusión general y perspectivas

12.1 Síntesis de resultados

El desarrollo teórico, estructural y experimental del **Sensor Etérico de Presión del Vacío (SEP-V1)** confirma la coherencia interna de la hipótesis de acoplamiento óptico-etérico formulada en el marco de la **Cosmología del Quarkbase**. El dispositivo, en su configuración interferométrica diferencial, permite cuantificar variaciones de fase óptica del orden de 10^{-8} rad, alcanzando el umbral de sensibilidad necesario para registrar gradientes de presión del campo Ψ simulados en el rango 10^{-8}–10^{-9} Pa.

Las simulaciones numéricas del apartado K reproducen valores de $\Delta\phi(t)$ comparables con los obtenidos en la estimación de ruido total, demostrando que la arquitectura actual se encuentra en el límite de detectabilidad práctica. Esto implica que cualquier mejora instrumental —especialmente en temperatura, estabilidad óptica o materiales superconductores— puede situar el sistema en régimen de observación confirmada.

12.2 Implicaciones teóricas

Los resultados obtenidos refuerzan la validez del modelo físico en el que:

$$\nabla\Psi(x,t) \longrightarrow \delta n(x,t) \longrightarrow \Delta\phi(t) \longrightarrow \Delta I(t)$$

sirve como cadena causal demostrable entre el campo de presión etérica y una magnitud óptica medible. Ello constituye la primera formulación cuantitativa de un acoplamiento entre el vacío plasmático y un observable interferométrico.

Además:

- El comportamiento de las cavidades con blindaje diferencial (A/B) demuestra la posibilidad de diseñar materiales con **acoplamiento etérico controlado** (α), abriendo una nueva categoría de medios óptico-etéricos.
- La equivalencia funcional entre energía de campo (E_Ψ) y modulación óptica sugiere la existencia de un **canal reversible de transferencia energética** entre materia y vacío estructurado.

12.3 Implicaciones tecnológicas

El SEP-V1 y sus variantes (SEP-V2, SEP-V3) constituyen el primer paso hacia una familia de instrumentos basados en la manipulación del campo Ψ:

Fase	**Designación**	**Función principal**	**Estado actual**
SEP-V1	Interferómetro diferencial	Detección de gradientes de presión etérica	Validado teóricamente
SEP-V2	Cavidad resonante criogénica	Conversión energética experimental	En diseño
SEP-V3	Configuración asimétrica	Propulsión y empuje por gradiente Ψ	Conceptual

Cada una de ellas hereda los principios de estabilidad térmica, simetría óptica y acoplamiento diferencial desarrollados en esta memoria, ampliando el alcance experimental hacia aplicaciones prácticas en metrología, energías no convencionales y control de presión cuántica.

12.4 Limitaciones actuales

A pesar del éxito del diseño conceptual, subsisten limitaciones que deben abordarse antes de una validación empírica definitiva:

1. **Ruido instrumental residual:** aunque controlado, el nivel de 5×10^{-8} rad requiere reducción adicional mediante criogenia o integración prolongada.
2. **Ambigüedad espectral:** la banda 10^{-3}–10 Hz puede contener contribuciones ambientales aún no completamente discriminadas.
3. **Determinación precisa del coeficiente α:** las medidas comparativas de materiales deben estandarizarse para definir su valor absoluto con trazabilidad metrológica.
4. **Escalabilidad:** la transición a versiones resonantes o asimétricas implica retos de estabilidad estructural y sincronización.

12.5 Perspectivas de desarrollo

1. **Implementación del SEP-V2 criogénico:** permitirá un orden de magnitud adicional de sensibilidad, abriendo la posibilidad de detección inequívoca de $\delta\Psi < 10^{-9}$ Pa.
2. **Ensayos en vacío orbital:** la microgravedad y la ausencia de vibraciones terrestres reducirán la interferencia mecánica, facilitando una validación libre de acoplamientos externos.
3. **Integración con técnicas de correlación óptica cuántica:** la coincidencia entre fotones entrelazados en ambos brazos podría aumentar la precisión en $\Delta\phi(t)$ por debajo del límite de ruido clásico.
4. **Desarrollo de materiales de acoplamiento sintético:** metamateriales con gradiente ajustable de α permitirían estudiar la interacción Ψ-materia en regímenes controlados.

12.6 Conclusión general

El SEP-V1 constituye una plataforma experimental coherente, teóricamente fundamentada y tecnológicamente viable para la detección interferométrica de gradientes de presión del vacío plasmático. El modelo teórico de la **Cosmología del Quarkbase** se consolida así como un marco unificador capaz de conectar el comportamiento del vacío físico con observables ópticos reproducibles.

El conjunto de resultados, simulaciones y diseños presentados en esta memoria técnica establece una **base científica verificable**, abierta a la comunidad internacional mediante su declaración de dominio público, y marca el punto de partida para el desarrollo de una nueva generación de instrumentos destinados a explorar las propiedades dinámicas del vacío.

13 Referencias y documentación complementaria

13.1 Fuentes primarias del proyecto

1. Omeñaca Prado, C. *Cosmología del Quarkbase (Quarkbase Cosmology).* Sitio web oficial de desarrollo teórico y experimental. Disponible en: https://quarkbase-cosmology.com

2. Omeñaca Prado, C. *Relativistic Invariance and Experimental Constraints on Quarkbase Cosmology.* Preprint, Figshare, DOI: https://doi.org/10.6084/m9.figshare.30318901.v3

3. Omeñaca Prado, C. *Reconfirmation of the Relativistic Invariance of the Theory of Quarkbase: Detailed Mathematical Analysis.* figshare. Preprint. DOI: https://doi.org/10.6084/m9.figshare.30396706.v1

13.2 Documentos técnicos derivados

1. **SEP-V1 Technical Design Notes** Documentos de diseño y cálculo estructural interno, incluyendo:
   - 7. Sistema de blindaje y acoplamiento etérico
   - 8.- 9. Sistemas electrónicos y presupuesto de ruido
   - 10. Procedimiento de simulación numérica
   - 11. Resultados simulados y comparación con sensibilidad experimental
2. **Non-assertion Pledge y Public Domain Dedication (CC0 1.0 Universal)** Declaración de cesión global de derechos de uso, distribución y reproducción de esta obra. Archivo incluido en el repositorio oficial del proyecto (FigShare).

13.3 Bibliografía técnica complementaria

1. Caves, C.M., & Schumaker, B.L. (1985). *New formalism for two-photon quantum optics. I. Quadrature phases and squeezed states. Phys. Rev. A*, 31(5), 3068–3092.

2. Drever, R.W.P., Hall, J.L., Kowalski, F.V. *et al.* (1983). *Laser phase and frequency stabilization using an optical resonator. Appl. Phys. B*, 31, 97–105.

3. Saulson, P.R. (1990). *Thermal noise in mechanical experiments. Phys. Rev. D*, 42(8), 2437–2445.

4. Black, E.D. (2001). *An introduction to Pound–Drever–Hall laser frequency stabilization. Am. J. Phys.*, 69(1), 79–87.

5. Abbott, B.P. *et al.* (LIGO Scientific Collaboration) (2016). *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. Phys. Rev. Lett.*, 116, 061102.

13.4 Repositorio y archivos asociados

- **Repositorio principal:** https://figshare.com/authors/Carlos_Omeaca_Prado/22228732 (autor: Carlos Omeñaca Prado)
- **Licencia:** CC0 1.0 Universal — Public Domain Dedication Toda la información, código y material gráfico se encuentra formalmente liberado al dominio público global.
- **DOI principal:** https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.8028253
- **Contacto técnico:** Carlos Omeñaca Prado — admin@quarkbase-cosmology.com

13.5 Cierre

El presente documento constituye la versión integral y pública de la memoria técnica del **Sistema Interferométrico de Detección y Conversión de Energía Basado en Gradientes de Presión del Campo Ψ (SEP-V1)**. Su objetivo es proporcionar una base verificable y abierta a toda la comunidad científica y tecnológica para la investigación del vacío plasmático, su acoplamiento óptico y las potenciales aplicaciones derivadas en metrología, energía y propulsión.

— Documento declarado de Dominio Público Global —